

植物次生物质诱导作用对杀虫药剂 毒力影响研究*

董向丽** 高希武*** 郑炳宗

(中国农业大学昆虫学系, 北京 100094)

摘要 通过培养基混药法测定了芸香甙、槲皮素和 2-十三烷酮三种植物次生物质的诱导作用对杀虫药剂毒力的影响。芸香甙的诱导作用提高了棉铃虫对甲基对硫磷和灭多威的耐药性, 而对溴氰菊酯毒力的影响则随诱导时间的不同而异; 槲皮素的诱导作用提高了棉铃虫 F_2 代对灭多威的毒力, 槲皮素的诱导作用对溴氰菊酯的毒力无影响; 2-十三烷酮的诱导作用提高了棉铃虫对溴氰菊酯的耐药性, 提高 F_1 代对灭多威的敏感度, 而对甲基对硫磷的毒力影响不大。

关键词 植物次生物质, 诱导作用, 棉铃虫, 杀虫药剂

昆虫与其所取食的寄主植物有一种协同进化的关系。寄主体内的次生物质能够抵御取食昆虫的侵害, 同时对昆虫体内解毒机制具有诱导作用, 这种诱导变化使昆虫减轻或免受食料中次生物质的影响, 同时也增强了对其他外来化合物的解毒作用^[1]。昆虫对其取食的寄主植物适应力很强, 通常一种抗虫品种的抗虫性只能维持几年, 如目前的 Bt 抗虫植物品种, 由于其抗虫基因单一, 在生产上只能应用 8~10 年, 目前世界上不少地区已发现对 Bt 抗虫植物产生抗性的害虫^[2]。害虫取食不同的寄主植物后体内解毒酶的活性会发生变化, 导致对其它外来化合物的敏感性发生变化^[3]。

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 对不良环境的适应能力很强, 能很快适应所取食的寄主植物。据报道, 取食不同棉花品种的棉铃虫体内羧酸酯酶、谷胱甘肽 S-转移酶 (GST) 和乙酰胆碱酯酶 (AChE) 的活性不同, 取食高抗品种的比活力比取食感性品种的比活力大^[4]。取食不同寄主植物的棉铃虫幼虫对溴氰菊酯的敏感性不同^[5]。取食木豆叶片的幼虫对硫丹、久效磷、溴氰菊酯和灭多威的耐药性增强^[6]。可见棉铃虫的抗药性与其所取食的寄主植物有很大关系, 但寄主植物中究竟是哪一种物质起作用, 到目前为止还不十分清楚。本研究将寄主植物中的次生物质作为棉铃虫抗药性产生的因子加以考虑, 选择了具有抗生作用的植物次生物质通过培养基混药法饲喂棉铃虫, 连续饲养 4 代, 测定了其 F_1 ~ F_4 代对杀虫剂的耐药性变化, 从中找出植物次生物质对

* 国家自然科学基金资助项目

** 现在莱阳农学院工作

*** 联系人

1997-06-27 收稿, 1998-04-25 收修改稿

棉铃虫耐药性影响的规律, 为制定棉铃虫抗药性治理对策或综合治理决策提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

植物次生物质: 芸香甙和槲皮素是棉花的重要次生物质, 属于类黄酮类色素。2-十三烷酮 (2-tridecanone) 则是野生蕃茄的重要次生物质, 本研究以上述三种具有抗生物作用的植物次生物质作为供试材料。三种物质分别购自上海黄河制药厂、中国预防医学科学院和 Aldrich 公司。

杀虫剂: 本研究以甲基对硫磷, 灭多威和溴氰菊酯 (含量 90% 以上) 为供试杀虫剂。三种药剂代表目前生产上常用的有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯类杀虫剂。

试虫: 棉铃虫采自河北邯郸地区, 室内人工饲料饲养 40 代左右。

1.2 生物测定方法

试虫的饲养: 将植物次生物质按 0.01% (湿重) 的比例混入人工饲料中, 饲喂棉铃虫初孵幼虫, 连续 4 代 ($F_1 \sim F_4$)。用未加植物次生物质人工饲料饲喂的棉铃虫作对照。

棉铃虫的毒力测定: 采用 FAO 推荐的毛细管点滴法。选择 8~15 mg、大小一致的棉铃虫 3 龄幼虫作生测对象, 以丙酮液为空白对照, 每个处理 3 个重复, 每个重复 10 头幼虫, 48h 检查死亡率, 对照死亡率小于 10% 为有效测定, 用 POLO 软件计算 LD_{50} 值和毒力回归方程。单一浓度测定, 重复 10 次。

2 结果与分析

2.1 芸香甙诱导作用对杀虫药剂毒力的影响

甲基对硫磷对芸香甙 F_1 、 F_3 和 F_4 代种群进行毒力测定, LD_{50} 分别为 95.24 $\mu\text{g/g}$ 、62.91 $\mu\text{g/g}$ 、61.37 $\mu\text{g/g}$, 而对照种群的 LD_{50} 为 32.36 $\mu\text{g/g}$ 。结果表明: F_1 代种群的耐药性较对照提高了 3 倍, F_3 、 F_4 代提高 2 倍。 F_3 、 F_4 代种群对甲基对硫磷的耐药性趋于稳定。

用低剂量的甲基对硫磷测定时, 诱导种群与对照种群的死亡率差异较大, 而用高剂量测定时, 诱导种群与对照种群的死亡率差异较小 (表 1)。表明高剂量甲基对硫磷可以部分消除芸香甙诱导的耐药性。

用剂量为 0.32 $\mu\text{g/g}$ 的溴氰菊酯点滴芸香甙 F_1 代, 死亡率为 8.43%, 而剂量与之相近 (0.27 $\mu\text{g/g}$) 的对照种群的死亡率则为 26.92%, 对照种群的敏感性是芸香甙 F_1 代的 3 倍多。芸香甙 F_2 代与对照种群对溴氰菊酯的敏感性随取食时间的变化而有所不同。芸香甙诱导的 F_1 代敏感性降低, 随着诱导时间的延长敏感性又逐渐升高, F_4 代对溴氰菊酯的敏感性已超过了对照种群 (表 1)。这可能与芸香甙诱导或抑制溴氰菊酯的

代谢酶系有关。

对灭多威的毒力测定表明，芸香甙 F₁、F₂、F₃ 代种群对灭多威的耐药性高于对照种群，说明芸香甙也能够诱导棉铃虫对灭多威耐药性的提高（表 1）。

表 1 芸香甙的诱导作用对杀虫药剂毒力的影响

Table 1 Effects of induction by rutin on toxicity of insecticides in cotton bollworm

	甲基对硫磷 Parathion-methyl			灭多威 Methomyl			溴氰菊酯 Deltamethrin		
	剂量(μg/g)	处理虫数	死亡率(%)	剂量(μg/g)	处理虫数	死亡率(%)	剂量(μg/g)	处理虫数	死亡率(%)
	Dosage	(n)N	Mortality(%)	Dosage	(n)N	Mortality(%)	Dosage	(n)N	Mortality(%)
对照	14.58	138	16.15±6.05	9.04	24	25.00±0.00	0.27	26	26.92±0.00
Control									
F ₁ 代	17.31	90	3.33±2.36	10.70	106	3.11±1.64	0.32	86	8.43±2.46
F ₁ generation									
F ₁ 代	95.50	57	57.78±7.66	145.3	90	23.30±5.62	3.33	39	60.13±5.25
F ₁ generation									
F ₁ 代	180.66	39	70.70±6.67	469.44	89	40.80±7.41	1.821	48	23.11±6.43
F ₁ generation									
对照	78.28	65	82.41±6.07	426.77	66	58.72±8.03	3.46	69	57.47±4.05
Control									
F ₂ 代	86.11	85	59.48±4.45	469.44	80	40.00±5.67	3.81	90	53.33±5.27
F ₂ generation									
对照	102.85	193	71.70±5.00	576.07	61	56.96±10.5	4.61	75	62.22±7.69
Control									
F ₂ 代	97.66	164	67.19±6.14	645.80	98	23.11±5.56	3.98	69	32.54±9.18
F ₂ generation									
对照	112.90	97	81.87±4.44	182.69	85	54.20±5.18	4.96	75	87.15±4.18
Control									
F ₂ 代	138.52	40	72.50±4.79	145.30	75	64.00±5.29	4.46	66	88.68±4.35
F ₂ generation									

2.2 槲皮素诱导作用对杀虫药剂毒力的影响

用甲基对硫磷对槲皮素 F₂ 代种群毒力测定结果表明，对照种群的 LD₅₀ 是 36.253μg/g；而处理组 F₂ 代种群的死亡率却不随浓度的升高而升高，在使对照种群死亡率 20%~80% 的剂量范围内，槲皮素 F₂ 代种群的死亡率都在 50% 左右，死亡率与药剂浓度无关（图 1）。上述结果表明，棉铃虫经槲皮素饲喂诱导后，50% 左右的个体对甲基对硫磷敏感性提高了，较低剂量的药剂即可使其致死；另外 50% 的个体敏感性降低了，在试验的剂量下不能致死。

单一浓度测定时，灭多威对槲皮素 F₁ 代种群的死亡率与对照种群看不出差别。槲皮素诱导 F₂ 代种群的死亡率明显的高于对照，说明槲皮素 F₂ 代种群对灭多威的敏感性提高了（表 2），可能与槲皮素对某些解毒酶的抑制作用强，而诱导作用弱有关。而单一浓度溴氰菊酯对槲皮素 F₂ 代种群的死亡率测定结果与对照无显著差异（表 2）。

2.3 2-十三烷酮诱导作用对杀虫药剂毒力的影响

用甲基对硫磷对 2-十三烷酮 F₂ 代种群毒力测定，LD₅₀ 为 36.235 μg/g，与对照无显著差异，毒力线也无显著差异。说明 2-十三烷酮诱导的棉铃虫种群，对甲基对硫磷的

毒力及 LD-P 线没有明显的影响 (图 2)。

用单一浓度的灭多威对 2-十三烷酮 F₁ 代种群死亡率的测定表明, 处理种群死亡率比对照种群高, 而 F₂ 代种群的死亡率却与正常种群基本相同, 说明 2-十三烷酮 F₂ 代对灭多威的敏感性降低了。这一结果表明, 随着诱导时间的延长, 2-十三烷酮诱导的对灭多威的敏感性逐渐消失 (表 2)。

表 2 槲皮素和 2-十三烷酮的诱导作用对杀虫药剂毒力的影响

Table 2 Effects of induction by 2-tridecanone on toxicity of insecticides in cotton bollworm

种群 Strain	甲基对硫磷 Parathion-methyl			灭多威 Methomyl			溴氰菊酯 Deltamethrin		
	剂量(μg/g) Dosage	处理虫数 (n)N	死亡率(%) Mortality (%)	剂量(μg/g) Dosage	处理虫数 (n)N	死亡率(%) Mortality (%)	剂量(μg/g) Dosage	处理虫数 (n)N	死亡率(%) Mortality (%)
对照 Control	112.9	97	91.78 ± 4.44	182.90	93	54.20 ± 5.18	4.96	75	87.15 ± 4.18
槲皮素 F ₁ 代 quercetin F ₁	94.52	88	46.91 ± 4.13	151.13	35	51.85 ± 8.65			
十三烷酮 F ₁ 代 2-tridecanone F ₁	79.69	77	80.29 ± 5.85	62.73	75	59.86 ± 8.70	4.10	96	73.6 ± 5.96
对照 Control	72.31	96	71.91 ± 5.21	120.19	69	31.33 ± 8.02	3.56	79	62.07 ± 8.78
槲皮素 F ₂ 代 2-tridecanone F ₂	80.00	74	59.32 ± 5.51	147.90	94	63.17 ± 5.1	4.38	79	84.5 ± 6.48
十三烷酮 F ₂ 代 2-tridecanone F ₂	80.88	75	58.48 ± 3.54	155.56	71	37.99 ± 4.14	4.61	97	59.47 ± 7.55

单一浓度溴氰菊酯对 2-十三烷酮 F₁、F₂ 代种群的死亡率测定结果都比对照低, F₂ 代的死亡率又比 F₁ 代的低。说明 2-十三烷酮可以诱导棉铃虫对溴氰菊酯的耐药性提高 (表 2)。

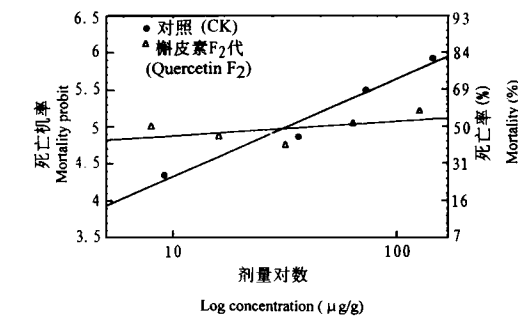


图 1 槲皮素的诱导作用对甲基对硫磷 LD-p 线的影响

Fig. 1 Effect of induction by quercetin on toxicity of parathion-methyl in cotton bollworm

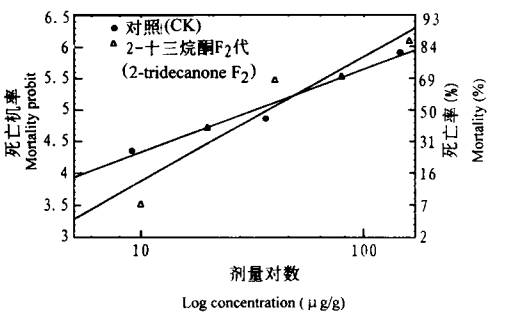


图 2 2-十三烷酮的诱导作用对甲基对硫磷 LD-p 线的影响

Fig. 2 Effect of induction by 2-tridecanone on toxicity of parathion-methyl in cotton bollworm

3 讨论

上述研究结果表明，在诱导的初期阶段（ F_1 、 F_2 代），三种次生物质诱导作用对杀虫剂毒力的影响各不相同，且差异较大，有的表现为毒力升高，有的表现为毒力降低。

植物次生物质进入昆虫体内后，一方面可能导致解毒酶活性增强，表现为杀虫药剂毒力降低；另一方面与杀虫剂竞争作用位点，表现为杀虫药剂毒力提高。在诱导的初期，某些植物次生物质与某些杀虫剂竞争作用位点，可能会导致杀虫药剂毒力提高，但随诱导时间的延长，最终结果是解毒酶的量提高，杀虫药剂的毒力降低。可见棉铃虫取食植物次生物质后，经过次生物质的长期诱导，其耐药性可能增强。这种作用已在其它许多寄主植物和害虫的关系中得到证明，如草地夜蛾 *Spodoptera frugiperda*^[7]、血黑蝗 *Melanoplus sanguinipes*^[8] 等。

棉铃虫是一种寄主谱广的害虫，对各种植物次生物质的适应性强。在棉区，棉铃虫从第三代到第五代是在棉花上寄生的，在棉花中，尤其是抗虫棉花品种中的次生物质的诱导作用，能够使棉铃虫的耐药性增强，杀虫剂的防治效果下降，引起防治失败。抗虫作物的应用能够影响化学防治的效果，如何协调好两方面的矛盾，是值得进一步探讨的问题。

参 考 文 献

- 1 Oitea J A *et al.* Induction of glutathion-S-trasferase by phenobartital in the housefly. *Pestic. Biochem. & Physiol.*, 1981, 15: 10
- 2 丰 嵘, 张宝红, 郭香墨. 外源 Bt 基因对棉花产量性状及抗虫性的影响. *中国棉花*, 8 (1): 30~32
- 3 Kennedy G G, Farrar R R, Riskallah M R. Induced tolerance of neonate *Heliothis Zea* to host plant allelochemicals and carbaryl following incubation of eggs on foliage of *Lycopersicon hirsutum f. glabratum*. *Oecologia*, 1987, 73 (4): 615~620
- 4 汤德良, 王武刚. 棉花品种对棉铃虫体内酶活性的影响. *中国棉花*, 1996, 8 (1): 36~39
- 5 谭维嘉, 赵焕香. 取食不同寄主植物的棉铃虫对溴氰菊酯敏感性的变化. *昆虫学报*, 1990, 33 (2): 155~160
- 6 Loganathan M, Gopalan M. Effect of host plants on the susceptibility of *Heliothis armigera* to insecticides. *Indian Journal of Plant Protection*, 1985, 13 (1): 1~4
- 7 Yu S J. Host plant induction of glutathione-S-transferase in the fall armyworm. *Pestic. Biochem. & Physiol.*, 1982, 18: 101~106
- 8 Hinks C F, Spurt D T. Effect of food plants on the susceptibility of the migratory grasshopper (Orthoptera: Acrididae) to deltamethrin and dimethoate. *J. Econ. Entomol.*, 1989, 82: 721~726

THE EFFECTS OF PLANT ALLELOCHEMICALS ON THE
INSECTICIDE TOLERANCE IN COTTON BOLLWORM
HELCOVERPA ARMIGERA HÜBNER

Dong Xiangli Gao Xiwu Zheng Bingzong

(Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract The induction of plant allelochemicals on the cotton bollworm tolerance to insecticides was investigated using the method of mixture of plant allelochemicals and artificial diets. The insecticide tolerance of F_1 , F_2 or F_3 generation population of cotton bollworms fed on the artificial diet containing rutin was stronger than that of the population fed on only artificial diet, while the susceptibility of F_4 generation population to insecticides was almost the same with that of the artificial diet-fed population. The susceptibilities of the quercetin-fed F_1 and F_2 and the 2-tridecanone-fed F_1 generation populations to methyl parathion reduced significantly compared with the artificial diet-fed population. However, there was no difference of susceptibility to methomyl and deltamethrin between the quercetin- or 2-tridecanone-fed population and the artificial diet-fed population.

Key words plant allelochemicals, induction, cotton bollworm, insecticide